

Salzerkundungsbohrung Stetten (Zollernalbkreis, Baden-Württemberg)

ECKARD ROGOWSKI UND THEO SIMON

Kurzfassung

Muschelkalk, Lithostratigraphie, Albvorland,
Baden-Württemberg

In der Salzerkundungsbohrung M wurden Schichten vom oberen Gipskeuper bis in den tieferen Mittleren Muschelkalk durchfahren. Die Ergebnisse der Profilaufnahme im Bereich des Keupers und des Oberen Muschelkalks fügen sich in den bisherigen Kenntnisstand gut ein. Der gekernte Bohrbereich im Mittleren Muschelkalk erbrachte eine Steinsalzmächtigkeit von 12,80 m. Um Stetten fehlen die höheren Steinsalzschiefer, die um Heilbronn und am Hochrhein vorhanden sind.

Im Vergleich zu diesen Ablagerungsgebieten war um Stetten eine Schwellenregion ausgebildet, die eine Schichtlücke hinterließ. Das Grundwasser im gut durchlässigen Karstaquifer des Oberen Muschelkalks und der Oberen Dolomit-Formation lässt keine starke aktive Steinsalzauslaugung erkennen.

Abstract

[Salt reconnaissance drilling Stetten (Zollernalbkreis, Baden-Württemberg)]

The exploratory hole near the salt mine of Stetten sinks through the upper Gipskeuper to the lower Middle Muschelkalk. The data from the measured sections of the Keuper and the Upper Muschelkalk correspond with the data already known. For the Middle Muschelkalk, the core drilling resulted in a halite thickness of 12,80 m.

Due to a paleogeographic high, the upper part of the "Steinsalzschiefer" which are present in the Heilbronn and the Hochrhein areas are not developed in the Stetten area but represented by a gap. The groundwater in the highly permeable karst aquifer of the Upper Muschelkalk and the "Obere Dolomit-Formation" of the Middle Muschelkalk does not indicate active and intensive salt dilution.

1. Einleitung

In den Jahren 2003 und 2004 wurden im Auftrag des Salzbergwerks Stetten reflexionsseismische Untersuchungen durchgeführt. Diese hatten zum Ziel die Ausdehnung und Mächtigkeit des Steinsalzlagers im Mittleren Muschelkalk südlich des bestehenden Bergwerks (Abb. 1) zu erkunden. Das Steinsalz liegt im Untersuchungsbereich bis über 250 m u. Gel. Es war deshalb notwendig, auf einem seismischen Längsprofil einen Kalibrierungspunkt für die Steinsalzschiefer zu haben. Hierzu wurde die Salzerkundungsbohrung M bis unter die steinsalzführenden Schichten abgeteuft. Durch geophysikalische Messungen in der Bohrung M konnten die reflexionsseismischen Ergebnisse geeicht und verfeinert werden. Danach ist mit Steinsalzvorkommen im Süden und Osten des bestehenden Steinsalzbergwerks zu rechnen.

Über die geologischen Ergebnisse der 244,00 m tiefen Bohrung M wird hier berichtet. Sie wurde im August 2004 von der Firma Terrasond GmbH & Co.KG, Günzburg, abgeteuft, bis in eine Tiefe von 190,40 m als Meißelbohrung und bis zur Endteufe als Kernbohrung. Die geologische Aufnahme erfolgte vor Ort und an ausgewählten Proben in Stuttgart am Landesamt. Bei der Gliederung wurden auch bohrlochphysikalische Messungen (Dichte-, Gamma-Ray-, Caliper-, Induction-, Full-Wave-Sonic-Log), die die Firma Deutsche Montan Technologie GmbH, Essen (DMT), durchgeführt hat, verwendet. Nur das Gamma-Ray- und das Caliper-Log konnten wegen des Ausbaus über die ganze Bohrlochtiefe gefahren werden. Die Sonic-Messungen setzen bei 50 m u. Gel. und die übrigen Logs bei 65 m u. Gel. ein.

Aus dem Bereich um Stetten sind bisher keine ausführlichen Profilbeschreibungen veröffentlicht worden, weshalb die vorliegende Arbeit diese Lücke schließt. Insbesondere eine Parallelisierung der nordwürttembergischen Salzlager mit denen von Stetten und am Hochrhein soll so erleichtert werden. Auf die hydrogeologischen Ergebnisse der Bohrung wird nur kurz eingegangen.

LGRB-Informationen	17	S. 136 – 150	3 Abb.	Freiburg i. Br. Dezember 2005
--------------------	----	--------------	--------	----------------------------------

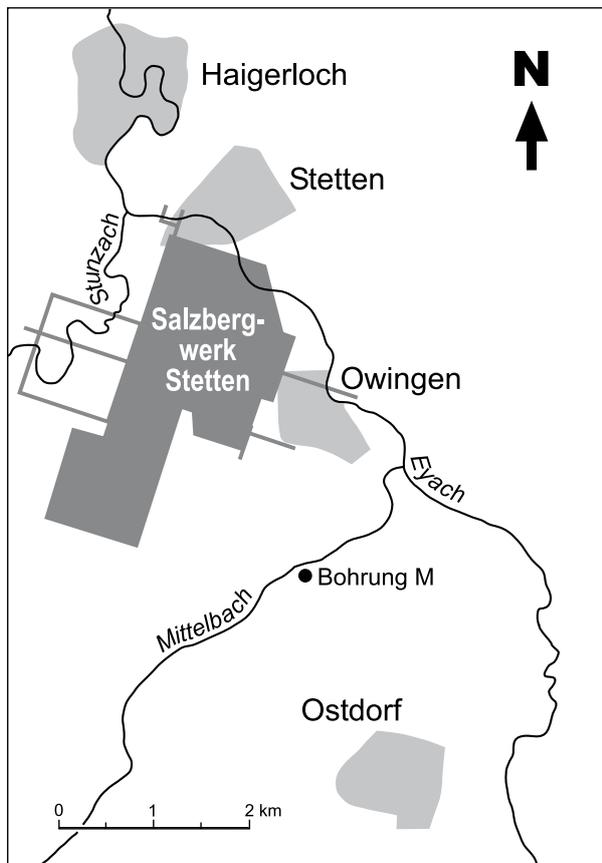


Abb. 1: Lageplan mit der Untersuchungs-Bohrung M.
Fig. 1: Location map with the exploratory hole M.

2. Geologische Lage

Das Umfeld des Steinsalzbergwerks und der Bohrung M repräsentiert einen typischen Ausschnitt der süddeutschen Schichtstufenlandschaft. Die Schichtenfolge reicht auf den Hochflächen und am Keuperschichtstufenhang vom Unterkeuper bis zum Unterjura (ca. 200 m). Teile der Hochfläche sind von Lösslehm bedeckt. Die Flussläufe der Eyach und deren Zuflüsse haben sich nördlich des bei Owingen SW-NE-streichenden Keuperschichtstufenrands in zunächst flachen Tälern in den Unterkeuper, dann in meist engen und steilen Tälern in den Oberen Muschelkalk eingetieft. Das Mittelbachtal, wo die Bohrung M steht, liegt innerhalb der durch Täler zerschnittenen Unterjura-Hochfläche. Im Bereich der Bohrung stehen höhere Gipskeuperschichten an (SCHMIERER 1925, ROGOWSKI et al. 1998).

Die Schichten fallen generell mit 2–3° nach SE ein. Kleinräumige Schichtverbiegungen stören das regionale Einfallen der Schichten. Vielfach ist die Schichtlagerung bruchtektonisch überprägt. NW-SE-gerichtete Störungen treten besonders stark in Erscheinung. Dieses bruchtektonische Störungssystem, in dem auch die Bohrung M liegt, hat die gleiche Richtung wie der Hohenzollerngraben und der das Salzbergwerk querende Haigerlocher Sprung. Die Versätze an den Störungen überschreiten in der Regel 30 m nicht.

Sedimentologisch ist das Ablagerungsgebiet im Muschelkalk und im Keuper Teil des südlichen Germanischen Beckens. Während im Muschelkalk und im tieferen Keuper noch eine Verbindung über die Burgundische Pforte zur Tethys besteht, geht diese anschließend verloren. Marine Verhältnisse stellen sich erst im Oberkeuper und im Unterjura wieder ein. Infolgedessen wechseln die Sedimente von einer salinaren, marin geprägten Fazies im Mittleren Muschelkalk über die marinen Sedimente des Oberen Muschelkalks und die teilweise marinen Ablagerungen des Unterkeupers zu den terrestrischen Ablagerungen des Mittleren Keupers.

3. Schichtenfolge

Unterhalb einer gering mächtigen quartären Deckschicht erschloss die Bohrung eine Schichtenfolge, die von der oberen Gipskeuper-Formation des Mittleren Keupers bis in die Geislingen-Formation des Mittleren Muschelkalks reicht. Die Bezeichnung der Schichten erfolgt nach dem Symbolschlüssel des LGRB (2004). Die Formationsnamen nach MENNING & DSK (2002) sind in Klammer beigefügt.

Die Proben der Meißelstrecke von etwa 40–190,40 m u. Gel. sind ungewöhnlich stark durch Nachfall geprägt. Da die Gesteinsbröckchen des Nachfalls keine Beanspruchungsspuren durch die Meißelrotationen erkennen ließen, wird vermutet, dass diese Bröckchen (bis 2 cm Länge, 1 cm Breite und 0,5 cm Dicke) von der über dem Meißel anstehenden Bohrlochwand stammen. Diese Nachfälle behinderten nicht nur die Bohrgutansprache, sondern auch den Bohrvorgang selbst. Dieser wurde dadurch mehrfach unterbrochen und es kam zu bedeutenden Verzögerungen im Bohrungsablauf.

3.1 Quartär

3 m mächtige Bachablagerungen, verzahnt mit Hangschutt aus den an den Hängen anstehenden Gesteinen, bilden die quartären Schichten. Es überwiegen Feinsedimente (Ton, Schluff, Feinsand). Bunte Gipskeuperbröckchen und Bruchstücke aus den am Hang anstehenden Sandsteinen (Schilf-, Stuben-, Rhät- und Angulatensandstein) kommen in der feinkörnigen Grundmasse ebenfalls vor.

3.2 Gipskeuper-Formation (Grabfeld-Formation)

Nach der Geologischen Karte 1 : 25 000 (SCHMIERER 1925) liegt die Basis des Schilfsandsteins ca. 10 m über der Talsohle. Die gesamten Gipskeuperschichten (NITSCH 1996) wären dann zwischen 90 und 95 m mächtig.

Bis 40 m u. Gel. sind in der Bohrung rotbraune und graugrüne Tonsteine durchteuft worden. Sie gehören dem Mittleren Gipshorizont an. Bis 8 m u. Gel. sind die Tonsteine zu Ton und Schluff mit festen Bröckchen verwittert. Bis 20 m u. Gel. ist immer noch stärkere Verwitterung festzustellen, was aus dem Gamma-Ray-Log zu schließen ist, das hier stärkere Ausschläge (Abb. 2) aufweist. Gipsauslaugungsrückstände (GAR) lassen auf ehemaliges Sulfatgestein schließen, das aber sicher nicht mehr als 10% des Gesteinsvolumens einnahm. Ab 20 m u. Gel. beginnt die Gipsführung, die im unteren Teil bis zu 20% ausmachen kann. In einer Tiefe von ca. 20 m kann man auch die Lage des Gipsspiegels ansetzen.

Die Schichten von 40–47 m u. Gel. werden dem Weinsberg-Horizont zugerechnet. Sie unterscheiden sich hinsichtlich der Meißelproben von den hangenden Proben nur durch den fehlenden Sulfatgesteinsgehalt. Im Gamma-Ray-Log zeigen sie einen leichten Rückgang in der Strahlungsintensität, was auf einen höheren Karbonatgehalt deutet, der für den Weinsberg-Horizont typisch ist.

Die Dunkelroten Mergel sind ca. 6 m mächtig (47–53 m u. Gel). Sie bestehen aus überwiegend rotbraunen Tonsteinen mit Gips. Der Nachfall aus höheren Schichten (s. o.) macht sich hier besonders störend bemerkbar. Allerdings zeigt das Gamma-Ray-Log etwas höhere Strahlungsintensitäten als in den hangenden und liegenden Schich-

ten. Im mittleren Bereich ist im Gamma-Ray-Log ein Rückgang der Intensität festzustellen, was auf einen höheren Sulfat- oder Karbonatgesteinanteil zurückgeführt werden kann.

Der Bochingen-Horizont reicht von 53–64 m u. Gel. Er besteht aus rotbraunen und graugrünen Tonsteinen mit Sulfatgesteins- und Karbonatbänken. Nach dem Gamma-Ray-Log ist im unteren Bereich eine Sulfatgesteinsbank eingelagert.

Die Grundgipsschichten beginnen bei 64 m u. Gel. mit rotbraunen und graugrünen Tonsteinen mit Gipslagen. Etwa bei 68 m zeigen sich in den Logs die ersten mächtigeren Sulfatgesteinsbänke. Der obere Bereich der Grundgipsschichten enthält über große Bereiche stärker tonige Sedimente als im Liegenden, weshalb BACHMANN (1974) den oberen Bereich in Nordost Baden-Württemberg auch als Bunte Serie abtrennte und BRUNNER & WURM (1983) diese Benennung auch für den südlichen Teil von Baden-Württemberg übernahmen. Bei 70 m u. Gel. beginnen nach den Logs die massiven Sulfatgesteinsbänke, die zumindest im unteren Teil als Anhydrit vorliegen. Die untersten 5 m führen auch Dolomitsteine, die sogar in den Meißelproben den Hauptanteil des Gesteins ausmachen. Dies ist der Bereich der Muschelbänke 1 bis 4 (BRUNNER & WURM 1983).

3.3 Unterkeuper (Erfurt-Formation)

Infolge von starkem Nachfall ist die Grenze zwischen den Schichten des Gipskeupers und des Unterkeupers nicht genau festzulegen. Im Gamma-Ray-Log jedoch lässt sich der Einsatz von stark tonigen Gesteinen im Liegenden gut erkennen. Diese Tonsteine müssen den Grünen Mergeln zugeordnet werden, so dass die Grenze Unterkeuper/Gipskeuper (bei 80,0 m) an die Obergrenze des Grenzdolomits, zu legen ist (LGRB 2004). Der ca. 18 m mächtige Unterkeuper kann mit Hilfe der Meißelproben nur sehr grob gegliedert werden. Der Feinsandgehalt in der Probe von 90–91 m deutet auf den Bereich Sandige Pflanzenschiefer/Hauptsandsteinschichten. Im Vergleich mit Gamma-Ray-Logs bei PÖPPELREITER (1998) ist dies auch sehr wahrscheinlich. Insgesamt ist das Profil nur mit Logs genauer zu gliedern. Der obere tonigere Bereich ist der Abschnitt der Grünen Mergel (81–84 m). Von 84–88 m folgt der Bereich der Lingula- und

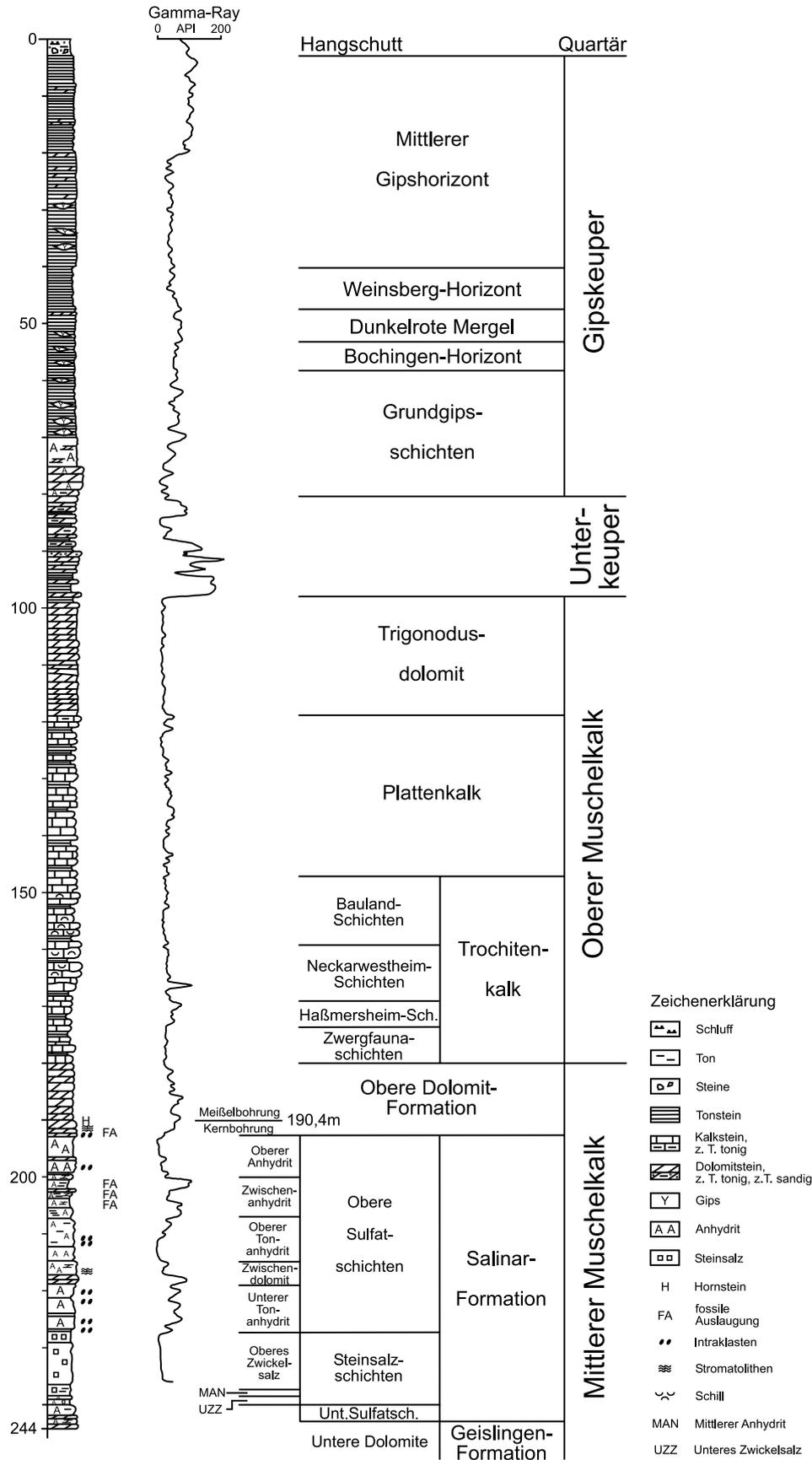


Abb. 2: Geologisches Profil und Gamma-Ray-Log der Bohrung M beim Salzbergwerk Stetten.

Fig. 2: Geological section and gamma-ray-log of the bore hole M near the salt mine of Stetten.the exploratory hole M.

der Anoplophoraschichten. Unter dem Abschnitt der Sandigen Pflanzenschiefer/Hauptsandsteinschichten liegen der Estherenton und die Basis-schichten. Diese bestehen zum größten Teil aus Tonstein. Einzelne Karbonatbänke kann man in den Logs gut erkennen.

3.4 Oberer Muschelkalk

Der Obere Muschelkalk beginnt nach dem Gamma-Ray-Log bei 98 m u. Gel. Auch die Aufnahme der Meißelproben stimmt damit etwa überein. Die Basis des Oberen Muschelkalks ist sowohl in den Logs als auch in den Proben nicht genau auszumachen. Sie wurde, da die Logs diese Grenze nicht charakteristisch abbilden, mit Hilfe der Meißelproben bei 180 m u. Gel. festgelegt. Damit weicht die Mächtigkeit des Oberen Muschelkalks geringfügig um etwa 2–3 m von der bei GEYER & GWINNER (1991) angegebenen Mächtigkeit ab. Das liegt wahrscheinlich an Unsicherheiten, die mit der Probenahme verbunden sind. In alten, ebenfalls gemeißelten Bohrungen im Umfeld des Salzbergwerks wurde eine mittlere Mächtigkeit des Oberen Muschelkalks von 81 m festgestellt. Die Detailgliederung, sofern sie nach den Logs möglich ist, lässt keine tektonischen Ursachen für die Differenz in der Mächtigkeit erkennen. Alle Meißelproben sind durch Nachfall (rotbraune, graugrüne, graue und dunkelgraue Tonsteine) aus den hangenden Schichten sehr stark verunreinigt.

Der *Trigonodusdolomit* (Rottweil-Formation) reicht von 98–119 m u. Gel. Seine Mächtigkeit ist damit etwas höher als die bei ALESI (1984) angegebene Mächtigkeit der Dolomitfazies von 19–20 m. Die Abgrenzung erfolgte nach den Meißelproben. Die Logs zeigen keine Besonderheiten. Es handelt sich um hellgraue und bräunlichgraue, im unteren Teil auch graue kalkige Dolomitsteine. Weder in den Logs noch in den Meißelproben sind Äquivalente von Leithorizonten festzustellen. Nach dem Gamma-Ray-Log reicht die *Trigonodusdolomit*-Fazies bis unter den Tonhorizont 6.

Der *Plattenkalk* (Meißner-Formation) ist 28 m mächtig und endet bei 147 m u. Gel. Seine Gliederung gelingt nur über Logs, da die Wechselfolge von mikritischen, grauen Kalksteinen mit dünnen dunkelgrauen Tonmergelsteinlagen wenig Differenzierung in den Meißelproben erkennen lässt. In Anlehnung an STIER (1985), VOLLRATH

(1955 a) und BRUNNER & SIMON (1985) konnten folgende Tonhorizonte erkannt werden:

Tonhorizont 5	bei 121,5 m
Tonhorizont 4	bei 127 m
Tonhorizont 3	bei 130,5 m
Tonhorizont 2.2	bei 137 m
Tonhorizont 2.1	bei 140,5 m
Tonhorizont 1	bei 144,5 m

Die Ausgliederung der Tonhorizonte ist mit Hilfe der Logs im Bereich des oberen Neckars leichter möglich als die Identifizierung in Aufschlüssen. STIER (1985) konnte nur den Tonhorizont 4 im Steinbruch Stetten und den Tonhorizont 1 im Steinbruch Frommenhausen sicher nachweisen. Die anderen Tonhorizonte liegen in Plattenkalkfazies oder als knaurige, tonflaserige Kalksteine vor, besitzen aber nach dem Gamma-Ray-Log gegenüber dem Liegenden und Hangenden eine etwas höhere Strahlungsintensität. Der Tonhorizont 3 entspricht dem Knauerhorizont 1, der Tonhorizont 4 dem Knauerhorizont 2 und der Tonhorizont 5 dem Knauerhorizont 3 der weiter südlich gelegenen Profile.

Der *Trochitenkalk* (*Trochitenkalk-Formation*) hat eine Mächtigkeit von 33 m. Vergleichsprofile von VOLLRATH (1955 b, 1958) im Gebiet Sulz am Neckar–Haigerloch zeigen Mächtigkeiten von 30–32 m. Die Obergrenze sowie Grenzen innerhalb des *Trochitenkalks* sind nur mit Hilfe der Logs zu ziehen. Die Untergrenze (180 m u. Gel.) wird dort gezogen, wo erstmals typische mikritische, graue Dolomitsteine des Mittleren Muschelkalks auftreten. Eine weitere Hilfe bei der Gliederung des *Trochitenkalks* boten die im November 2004 abgeteuften Bohrungen nahe des Bergwerkschachts bei Stetten. Somit kann der *Trochitenkalk* wie folgt gegliedert werden:

147–160 m	Bauland-Schichten
–169 m	Neckarwestheim-Schichten
–174 m	Haßmersheim-Schichten
–180 m	Zwergfauna-Schichten

Die Bauland- und Neckarwestheim-Schichten bestehen überwiegend aus mikritischen, teilweise feinsparitischen Kalksteinen. Eine Aufteilung der Schichten ist nur mit Hilfe des Gamma-Ray-Logs möglich, das im Bereich der *Trochitenbank* 6 eine deutlich geringere Intensität aufweist. In den Neckarwestheim-Schichten treten auch sparitische



Kalksteine auf, die dem Bereich der Trochitenbank 5 zuzuordnen sind. Ein deutlicher Ausschlag in der Gamma-Ray-Kurve liegt bei 166,5 m u. Gel. Dieser Bereich gehört allerdings nicht zu den Mergelschiefern der Haßmersheim-Schichten, da diese hier nur geringmächtig ausgebildet sind (VOLLRATH 1955b, 1958). In Verbindung mit einem geringen Ausschlag beim Dichte-Log und hohen Ausschlägen bei den Sonic-Logs dürfte es sich hier um eine Auflockerungszone, wahrscheinlich um eine Störungszone handeln, die allerdings keinen wesentlichen Vertikalversatz besitzt.

Die Haßmersheim-Schichten sind gegenüber der weiter nördlich anzutreffenden Ausbildung stärker kalkig und in der Mächtigkeit reduziert. Nach VOLLRATH (1955b, 1958) ist nur der obere Teil der Haßmersheim-Schichten tonig ausgebildet. Die Zwergfauna-Schichten bestehen aus mikritischem und sparitischem Kalkstein.

3.5 Mittlerer Muschelkalk

Bis auf die obersten 10,40 m wurden die Gesteine des Mittleren Muschelkalks gekernt. Die Bohrung endet im oberen Bereich der Geislingen-Formation bei 244 m u. Gel. Die Mächtigkeiten der einzelnen Schichtabschnitte stimmen bis auf die Gesamtmächtigkeit der Oberen Sulfatschichten (Kap. 3.5.2.1) gut mit anderen Bohrungen im näheren Umfeld des Salzbergwerks überein.

3.5.1 Obere Dolomit-Formation (Diemel-Formation)

Die obersten 10,4 m bestehen aus kalkigem Dolomitstein, der aber in den Proben durch Nachfall sehr stark überprägt ist. Aus den Logs ist der zyklische Aufbau dieser Schichten erkennbar, insbesondere wird deutlich, dass die Schichten im unteren Bereich stärker tonig entwickelt sind. In der anschließenden Kernbohrung sind zwischen 190,85 m und 191,60 m Hornsteinlagen ausgebildet. Außerdem treten zwischen 191,60 und 191,85 m Stromatolithen auf. Teilweise ist der untere Bereich (190,40 – 192,70 m) brekziös zerlegt. Eckige und runde Sulfatgesteinsintraklasten sind in einem verfestigten, fossilen Auslaugungsgestein zu beobachten. Ab 192,00 m schalten sich dünne Anhydritlagen ein. Dieser Basisbereich der Oberen Dolomit-Formation ist dem Lauffen-

Horizont zuzurechnen. Er ist in ganz Mittelwürttemberg bis an den Main ausgebildet. Das Vorkommen von Stromatolithen, mancherorts auch von Oolithen (HAGDORN & SIMON 1999, SIMON 2003) und der etwas höhere Kalkgehalt zeigen, dass der Lauffen-Horizont in seinem oberen Abschnitt etwas weniger salinar war als die liegenden und hangenden Schichten. Das Vorkommen von Auslaugungsgestein, entstanden während der Ablagerung des Lauffen-Horizonts, passt gut in dieses Bild.

3.5.2 Salinar-Formation (Heilbronn-Formation)

Die Salinar-Formation war das eigentliche Ziel der Bohrung, weshalb diese Formation durchgehend gekernt wurde. Sie beginnt bei 192,70 m und endet bei 243,40 m. Ihre Mächtigkeit beträgt somit 50,70 m.

3.5.2.1 Obere Sulfatschichten

Die Oberen Sulfatschichten können in einzelne Abschnitte untergliedert werden. Die Gliederung geht auf SCHACHL (1954) zurück und wurde im Symbolschlüssel des LGRB (2004) umgesetzt. Die Oberen Sulfatschichten sind mit 34,45 m gegenüber dem unmittelbaren Umfeld um das Bergwerk (bis 50 m) etwas geringer mächtig. Nach ROGOWSKI et al. (1998) haben die Oberen Sulfatschichten zwischen Stetten und Owingen ein SW-NE-streichendes Mächtigkeitsmaximum. Nach SE nimmt die Mächtigkeit ab, was auch die Bohrung M zeigt. Ob dies auf sedimentologische oder tektonische Ursachen zurückgeht, lässt sich nach derzeitiger Kenntnis nicht entscheiden.

Der Obere Anhydrit ist 7,85 m mächtig und reicht bis 200,55 m u. Gel. Die Schichten bestehen aus einer Wechsellagerung von Anhydrit (ca. 60%), Tonstein und Dolomitstein. Tonstein- und Dolomitsteinlagen sind meist nicht mächtiger als 1 cm und nicht regelmäßig im Profil verteilt. Im oberen Teil nehmen sie nach oben zu und im unteren nach oben ab. Sedimentäre Brekzienlagen als Zeichen für Austrocknung treten zwischen 198,30 und 199,30 m auf.

Der Obere Tonanhydrit ist 6,80 m mächtig und endet bei 207,35 m u. Gel. Gegenüber dem Oberen Anhydrit ist dieser Abschnitt sehr viel tonreicher (bis 50%). Die Schichtung ist nicht mehr überwiegend fein, sondern flaserig, öfters treten

auch brekziöse und gefaltete Lagen auf. Die Brekzierung umfasst sowohl Anhydrit als auch Dolomitstein und Tonstein. Sie deutet auf fossile Auslaugung zurzeit des Mittleren Muschelkalks hin. Allerdings ist im Abschnitt von 203,25–205,35 m u. Gel. eine tektonische Brekzierung wahrscheinlich.

Der **Zwischenanhydrit** reicht von 207,35–214,90 m u. Gel. Diese 7,55 m mächtige Schichtenfolge, die zu ca. 60% aus Anhydrit besteht, kann in sechs Zyklen gegliedert werden, die mit einem ebenschichtigen, mit dünnem Tonstein, teilweise auch mit Dolomitstein wechsellagernden Anhydrit beginnen und in einen tonflaserig-knauerigen, teilweise auch massigen Anhydrit übergehen. Die Zyklen finden ihren Abschluss nach oben in Resedimentationslagen, Brekzienlagen und Teepees. In keinem anderen Abschnitt ist der Wechsel von salinärer Sedimentation zu Trockenfallen so regelmäßig dokumentiert wie im Zwischenanhydrit.

Der **3,94 m mächtige Zwischendolomit** reicht bis 218,84 m u. Gel. Während er im unteren Bereich aus stark tonigem Dolomitstein besteht, schalten sich im oberen Teil zunehmend Anhydritlagen ein (bis 70%). Auffallend sind die teilweise stromatolithischen Bereiche im oberen Abschnitt. Diese treten auch weiter im Norden im Mittleren Neckarraum auf (SIMON 1998). Der Zwischendolomit (Wutha-Karbonat) ist nicht nur in SW-Deutschland verbreitet, sondern er kann über große Teile des Germanischen Beckens verfolgt werden. Er bildet somit einen hervorragenden Leithorizont im Mittleren Muschelkalk.

Der **Untere Tonanhydrit** ist 8,31 m mächtig und endet bei 227,15 m u. Gel. Der Tonsteinanteil liegt bei etwa 40%. Dolomitsteinlagen sind seltener. Auch in diesem Abschnitt befinden sich brekziöse Lagen, die auf fossile Auslaugung hinweisen. Ab 226,50 m u. Gel. wird das Gestein nach unten zunehmend salzhaltiger. Reine Steinsalzschiefer treten aber nicht auf. Die liegenden 0,15 m bestehen aus ungeschichtetem Tonstein, der als Auslaugungsgestein interpretiert wird. Dieser Bereich wird deshalb nicht den Steinsalzschiefern zugeordnet, weil das Dichtelog keine verminderte Dichte anzeigt, es sich also um kein rezentes Auslaugungsgestein handelt.

Die hier ausgegliederten Abschnitte der Oberen Sulfatschiefer lassen sich mühelos mit den entsprechenden Einheiten im Heilbronner Gebiet parallelisieren (FRIEDEL & SCHWEIZER 1989). Dies spricht

für einen mit dem nördlichen Baden-Württemberg gemeinsamen Sedimentationsraum.

3.5.2.2 Steinsalzschiefer

Die Steinsalzschiefer reichen von 227,15–239,95 m u. Gel. und haben eine Mächtigkeit von 12,80 m. Diese Mächtigkeit stimmt etwa mit der mittleren Mächtigkeit im Bergwerksbereich überein. Die Steinsalzschiefer lassen sich mit Hilfe einer charakteristischen Anhydritbank in das Obere und Untere Zwickelsalz unterteilen. Das im Heilbronner Gebiet entwickelte Obere Steinsalz und das Bändersalz fehlen in der Bohrung vollständig. Das Bändersalz ist allerdings im Bergwerksbereich stellenweise bis zu einer Mächtigkeit von über 4 m, bis einschließlich der Anhydritbank 1 als oberem Abschluss des Unteren Bändersalzes, noch vorhanden (ROGOWSKI et al. 1998). Trotzdem muss am Top des Steinsalzlagers von Stetten gegenüber dem von Heilbronn eine Schichtlücke bestehen. Diese ist auf Auslaugungen zurzeit des Mittleren Muschelkalks oder auf Sedimentationslücken zurückzuführen. Rezente Auslaugung hat, wenn überhaupt, nur in sehr geringem Umfang stattgefunden, da junge Auslaugungsgesteine fehlen. Somit liegt in der Bohrung M der Untere Tonanhydrit unmittelbar auf dem Zwickelsalz, das mit dem Heilbronner Unteren Steinsalz zu parallelisieren ist.

Das **Obere Zwickelsalz** ist 10,97 m mächtig und reicht bis 238,12 m u. Gel. Das Salz ist massig und grobspätig. Im oberen Bereich ist es undeutlich geschichtet. Die Schichtung wird von dünnen Tonstein- und Anhydritlagen verursacht. Im mittleren Abschnitt (228,5–236,65 m) tritt die typische Vertikalstreifung auf, die auch vom Heilbronner Gebiet bekannt ist (SCHACHL 1954, WILD 1958, 1968, 1973, JONISCHKEIT 2003). Sie ist nicht ganz senkrecht, sondern sehr leicht schräg um etwa 1–5° von der Vertikalen geneigt. Die Streifung wird durch auf enge vertikale Bereiche diffus verteilte Anhydrit- und Tonverunreinigungen zurückgeführt. Im unteren Bereich ist das Salz durch Anhydrit und Tonstein stärker verunreinigt. Die Verunreinigungen treten entweder in dünnen Lagen oder in flaserigen Schlieren auf. Während der Salzgehalt unten bei ca. 50% liegt, steigt er in der Mitte auf über 90% an.

Der **Mittlere Anhydrit** besteht aus einer 0,66 m mächtigen Bank, die bis 238,78 m u. Gel. reicht. Sie führt etwa 25% Steinsalz, das rötlich-braun, teilweise auch weiß ist. Die Bank hat ein



brekziöses Gefüge, was auf kurzzeitiges Trockenfallen hinweist.

Das Untere Zwickelsalz ist 1,17 m mächtig (bis 239,95 m u. Gel.) und stärker durch Tonstein und Anhydrit verunreinigt als das Obere Zwickelsalz. Es besitzt einen Salzanteil von durchschnittlich etwa 50%. Eine Vertikalstreifung ist nicht festzustellen. Das Steinsalz ist grobspätig und rötlich-braun. Die rötlich-braune Farbe ist auf feinverteilten, hämatithaltigen Schluff zurückzuführen, der durch Windeintrag vom Festland in das Becken geweht wurde (SIMON 2004). Im ausgelaugten Gestein tritt diese Färbung deutlich als rote Lage hervor und ermöglicht so eine Parallelisierung von ausgelaugten Profilen. Anhydrit und Tonstein kommen als brekziöse Komponenten vor.

3.5.2.3 Untere Sulfatschichten

Die Unteren Sulfatschichten sind 3,45 m mächtig und reichen bis 243,40 m. Sie bestehen meist aus feingeschichtetem, teils aber auch flaserig geschichtetem Anhydrit. Im unteren Bereich besteht eine Wechsellagerung mit dünnen Dolomitlagen. Der Dolomitstein ist schwach bituminös. Von 241,62–242,05 m ist eine feinschichtige, anhydritische Dolomitbank eingelagert. Den Abschluss nach oben bildet ein teilweise feingeschichteter, dolomitischer, 0,17 m mächtiger Tonstein.

3.5.3 Geislingen-Formation (Karlstadt-Formation)

Von der Geislingen Formation wurden nur 0,60 m (bis 244,00 m u. Gel.) der Unteren Dolomite angebohrt. Der Dolomitstein ist mikritisch, feinschichtig und ockergrau.

3.6 Lithostratigraphischer Vergleich Heilbronn–Stetten–Hochrhein

Die Salinar-Formation im Gebiet um Stetten lässt sich zwanglos mit dem Schichtaufbau im Heilbronner Gebiet korrelieren. Wie schon dargelegt (Kap. 3.5.2.2), fehlen allerdings bei Stetten das um Heilbronn anstehende Obere Steinsalz und das Bändersalz weitgehend.

Die Profile am Hochrhein (WIDMER 1991, HAUBER 1993) zeigen ebenfalls ein „Oberes Steinsalz“ (= Oberes Salzlager nach WIDMER 1991), das in Stetten fehlt. Trotz einer noch fehlenden Detailkorrelierung kann somit für den Bereich um Stetten, sowohl im Vergleich mit dem Heilbronner Gebiet als auch im Vergleich mit dem Hochrheingebiet eine Schichtlücke festgestellt werden. Dies zeigt, dass das Gebiet um Stetten zurzeit der Ablagerung des Bändersalzes über der Anhydritbank 1, des Oberen Steinsalzes und wahrscheinlich auch noch bis in die Unteren Sulfatschichten hinein, eine Schwellenregion war.

3.7 Tektonische Strukturen

Bei der Profilaufnahme fielen immer wieder Bereiche auf, die stärker brekziiert waren und die unterschiedliches Einfallen aufwiesen. Nicht immer muss die Brekzierung mit sedimentologischen Vorgängen, hier speziell mit Trockenfallen, zusammenhängen, sondern sie kann auch in tektonischen Bewegungen ihre Ursache haben. Dies gilt auch für das abschnittsweise Auftreten von unterschiedlichem Schichtfallen. JORDAN (1994) hat auf die Bedeutung der Sulfatgesteine und der Salzgesteine des Mittleren Muschelkalks als tektonische Abscherhorizonte hingewiesen. Solche Erscheinungen treten auch im Bohrkern auf.

Ein Beispiel ist im Zwischendolomit auszumachen, wo die spröder auf tektonische Bewegungen reagierenden Dolomitsteine stückig zerbrochen sind (217,47–218,84 m u. Gel.). Die darüber liegenden, Anhydrit führenden Gesteine (216,0–217,47) sind jedoch durch tektonischen Druck schräggestellt. Im Liegenden des Zwischendolomits wurde das Gestein tektonisch brekziiert. Die allermeisten in der Profilbeschreibung als geneigt beschriebenen Gesteinsabschnitte dürften tektonisch bei Abscherungen schräg gestellt worden sein, ohne dass dies bei einer visuellen Kernaufnahme im kleinen Gesteinsausschnitt eines Bohrkerns genauer bestimmt werden kann.

4. Profilbeschreibung

Bezeichnung: Bohrung M
TK 25: 7618, Haigerloch
Archiv-Nr.: 350
Projekt: Steinsalzerkundung
Lage: Mittelbachtal
R 34 87 341,74 / H 53 53 834,67
480,50 m ü. NN
Gemeinde: Haigerloch, Teilort Owingen, Zollernalbkreis
Geolog. Aufnahme: 13.08. und 21.09.04
Bearbeiter: Prof. Dr. ROGOWSKI / Prof. Dr. SIMON
Bohrfirma: Terrasond
Bohrzeit: Juli und August 2004
Endteufe: 244,00 m u. Gel.
Bohrverfahren (m u. Gel./Ø mm):
- 8,0 m Rammkernbohrung, 324 mm
- 190,4 m Meißelbohrung, 190 mm
- 66,50 m auf 273 mm aufgebohrt
- 244,00 m Kernbohrung, 150 mm
Ruhewasserspiegel: am 18.08.2004:
28,06 m u. Gel. (452,44 m ü. NN)

Kurzprofil

- 0- 3 Quartär, Hangschutt und Bachablagerungen
- 80 Gipskeuper-Formation (Grabfeld-Formation)
- 98 Unterkeuper (Erfurt-Formation)
- 180 Oberer Muschelkalk
 - 119 Trigonodusdolomit (Rottweil-Formation)
 - 147 Plattenkalk (Meißner-Formation)
 - 180 Unterer Hauptmuschelkalk, Trochitenkalk (Trochitenkalk-Formation)
- 244,00 Mittlerer Muschelkalk
 - 192,70 Obere Dolomit-Formation (Diemel-Formation)
 - 243,40 Salinarformation (Heilbronn-Formation)
 - 227,15 Obere Sulfatschichten
 - 239,95 Steinsalzschiefer
 - 243,40 Untere Sulfatschichten
- 244,00 Geislingen-Formation (Karlstadt-Formation)

Ausführliches Profil

Meißelbohrung (-190,40 m)

Quartär

Hangschutt und Bachablagerungen

- 0- 3 Ton, Schluff, feinsandig, braun, feste Bröckchen, rotbraun, graugrün, Sandsteinstückchen, ockerbraun

Gipskeuper-Formation

(Grabfeld-Formation) (-80 m)

- 4 **Mittlerer Gipshorizont**
Ton, Schluff, feste Bröckchen, graugrün mit rotbraunen Schlieren, hellgraue Gipsauslaugungsrückstände
- 5 Ton, Schluff, feste Bröckchen, graugrün, Gipsauslaugungsrückstände
- 6 Ton, Schluff, feste Bröckchen, graugrün, rotbraune Schlieren
- 8 Ton, Schluff, feste Bröckchen, rotbraun, graugrün
- 10 Tonstein, stark verwittert, graugrün, rotbraun, wenig graue Dolomitstückchen
- 16 Tonstein, rötlichbraun, sehr stark zerbohrt, untere 2 m mit graugrünen Dolomitstückchen
- 20 Tonstein, stark zerbohrt, rotbraun, grüngrau
- 29 Tonstein, dolomitisch, dunkelgrau bis grau, wenig Gipsbröckchen, unten wenige rotbraune Tonsteinbröckchen
- 31 Tonstein, dolomitisch, grau, wenig rotbraune Bröckchen, Gips, grauweiß, ca. 10 %
- 35 Tonstein, dolomitisch, grau, wenig rotbraune Bröckchen, Gips bis ca. 20 %
- 40 Tonstein, grau bis dunkelgrau, schwach dolomitisch, wenig rotbraune Bröckchen, Gips <5 %
- 47 **Weinsberg-Horizont**
Tonstein, wie zuvor, kein Gips
- 50 **Dunkelrote Mergel**
- 53 Tonstein, rotbraun, graugrün, wenig Dolomitstein
- 53 Tonstein, graugrün, rotbraun, Gips, grauweiß, bis 5 %
- 58 **Bochingen-Horizont**
Tonstein, rotbraun, wenig graugrün, Gips, grauweiß, bis 5 %
- 64 **Grundgipsschichten**
- 64 Tonstein, rotbraun, wenig graugrün, Gips bis 10 %
- 67 Tonstein, rotbraun, graugrün, Gips, grauweiß, bis 10 %
- 70 Tonstein, rotbraun, wenig graugrün, Gips, grauweiß, bis 10 %
- 75 Anhydrit, dunkelgrau, wenig Dolomitstein, dunkelgrau
- 79 Dolomitstein, mikritisch, dunkelgrau, bereichsweise tonig, Anhydrit, dunkelgrau, <5 %
- 80 Dolomitstein, mikritisch, dunkelgrau, wenig Tonstein, dunkelgrau, wenig Anhydrit und Gips, weiß
- 83 **Unterkeuper**
Dolomitstein, mikritisch, hellgrau, wenig Tonstein, dunkelgrau, Anhydrit, <5 %
- 89 Dolomitstein, tonig, dunkelgrau, grau, wenig Tonstein, dunkelgrau
- 90 Tonstein, z. T. dolomitisch, schwarzgrau
- 91 Dolomitstein, schwach feinsandig, wenig Tonstein, dunkelgrau
- 94 Dolomitstein, feinsparitisch, grau, wenig Tonstein, dunkelgrau



- 98 Tonstein, dunkelgrau, Dolomitstein, mikritisch, grau, 30 %
Oberer Muschelkalk (-180 m)
Trigonodusdolomit
- 99 Dolomitstein mikritisch, grau, 30 %, Nachfall: Tonstein, dunkelgrau
- 106 Dolomitstein, feinsparitisch, hellgrau, 10%, Nachfall: Tonstein, dunkelgrau, 70 %, rotbraun, 20 %
- 108 Dolomitstein, feinsparitisch, bräunlichgrau, 60%, Nachfall: Tonstein, grau und rotbraun, 40 %, sehr wenig Gips
- 113 Dolomitstein, feinsparitisch, grau, Nachfall: sehr wenig Tonstein, dunkelgrau und rotbraun, <10 %
- 115 Dolomitstein, mikritisch, feinsparitisch, grau, 50%, Nachfall: Tonstein, dunkelgrau, 40 %, rotbraun, 10 %
- 119 Dolomitstein, mikritisch, feinsparitisch, grau, 80%, Nachfall: Tonstein, grau, rotbraun, 20 %
Plattenkalk (Meißner-Formation)
- 120 Kalkstein, mikritisch, 50 %, Dolomitstein, feinsparitisch, 25 %, Nachfall: Tonstein, rotbraun, graugrün, 25 %,
- 123 Kalkstein, mikritisch, grau, 20 %, Nachfall: Tonstein, dunkelgrau, wenig rotbraun, 80 %
- 125 Kalkstein, feinsparitisch, 50 %, Tonstein, dunkelgrau, rotbraun, 50 %
- 126 Kalkstein, mikritisch, grau, 20 %, Nachfall: Tonstein, rotbraun, graugrün, 80 %,
- 147 Kalkstein, mikritisch, grau, 50 %, Nachfall: Tonstein, graugrün, rotbraun, 50 %
Trochitenkalk (Trochitenkalk-Formation) (-180 m)
Bauland-Schichten
- 150 Kalkstein, mikritisch, feinsparitisch, grau, 60%, Nachfall: Tonstein, dunkelgrau, rotbraun, 40 %
- 155 Kalkstein, mikritisch, feinsparitisch, grau, 50%, Nachfall: Tonstein, dunkelgrau, rotbraun, 50 %
- 160 Kalkstein, feinsparitisch, sparitisch, grau, 40%, Nachfall: Tonstein dunkelgrau, rotbraun, 60 %
Neckarwestheim-Schichten
- 165 Kalkstein, feinsparitisch, sparitisch, grau, 40%, Nachfall: Tonstein, dunkelgrau, rotbraun, 60 %
- 169 Kalkstein, mikritisch, wenig feinsparitisch, wenig sparitisch, 50 %, Nachfall: Tonstein, graugrün, rotbraun, 50 %
Haßmersheim-Schichten
- 174 Kalkstein, mikritisch, wenig feinsparitisch, wenig sparitisch, 50 %, Nachfall: Tonstein, graugrün, rotbraun, 50 %
Zwergfauna-Schichten
- 177 Kalkstein, mikritisch, wenig feinsparitisch, wenig sparitisch, 50 %, Nachfall: Tonstein, graugrün, rotbraun, 50 %
- 180 Kalkstein, mikritisch, sparitisch, 40 %, Nachfall: Tonstein, rotbraun, graugrün, 60 %
- Mittlerer Muschelkalk**
Obere Dolomit-Formation (Diemel-Formation)
- 190,40 Kalkstein, mikritisch, sparitisch, 30 %, Nachfall: Tonstein, rotbraun, graugrün, 65 %, sehr wenig Dolomitstein, mikritisch, grau, braunstichig
Kernbohrung bis Endteufe
- 190,55 Dolomitstein, mikritisch, feinschichtig, untere 5 cm kalkig
- 190,60 Tonstein, dolomitisch, dunkelgrau, feinschichtig, Harnische auf Schichtflächen
- 190,95 Dolomitstein, mikritisch, grau, feinschichtig; bei 190,85 m verkieselte Knolle
- 191,13 Dolomitstein, mikritisch, grau, mit Hornstein, dunkelgrau, eckig, brekziös; an der Basis Dolomitsteinbruchstücke, eckig (tektonisch zerbrochen)
- 191,46 Dolomitstein, mikritisch, eckige Bruchstücke bis 10 cm, wenig Tonstein, dunkelgrau
- 191,60 Dolomitstein, mikritisch, grau, feinschichtig; in der Mitte Hornsteinlage, dunkelgrau, Schichtfallen 20°
- 191,85 Dolomitstein, mikritisch, grau, flaserig, teilweise stromatolithisch, teilweise brekziös zerlegt, obere 5 cm hauptsächlich Tonmergelstein, grau
- 192,14 Dolomitstein, mikritisch, grau, zerbrochen mit eckigen und runden Sulfatgesteinsintraklasten; verfestigtes, fossiles Auslaugungsgestein
- 192,70 Dolomitstein, mikritisch, sehr feinschichtig, grau, untere 20 cm mit dünnen Anhydritlagen
Salinar-Formation (Heilbronn-Formation) (-243,40 m)
Obere Sulfat-Schichten (-227,15 m)
Oberer Anhydrit
- 193,85 Anhydrit, sehr feinschichtig, dunkelgrau, mit dünnen Tonsteinlagen, wenig hellgraue dünne Dolomitsteinlagen nach oben zunehmend; bei 192,90 m kleine sedimentäre Rutschfalte
- 196,75 Anhydrit, grau, grobkristallin, flaserig bis gut geschichtet, dolomitische Tonsteinlagen, dunkelgrau bei 195,80 m und 195,85 m; im unteren m bis cm-dicke dolomitische Lagen, grau; von 196,55–196,65 m Dolomitstein, mikritisch, grau
- 197,80 Anhydrit, feinschichtig, grau, mit sehr dünnen Dolomitstein- und Tonsteinlagen, grau und dunkelgrau; bei 196,85 m und 196,95 m cm-dicke Fasergipslagen
- 199,39 Anhydrit, grau, feinschichtig; von 198,10–198,70 m Schichtfallen 5–10°, sedimentäre Brekzienlagen ca. 5 cm bei 198,30 m, 198,60 m und 199,30 m; Dolomitsteinlagen mikritisch, grau und Tonsteinlagen, dunkelgrau bis ca. 1 cm
- 199,62 Tonstein, dunkelgrau, dünne Lagen von Anhydrit und Dolomitstein; an Basis Fasergipslage 1 cm
- 200,32 Anhydrit, dunkelgrau, dünne Dolomitsteinlagen, mikritisch, grau und Tonsteinlagen, dunkelgrau, nach oben abnehmend

- 200,55 Anhydrit, grau, wellig-flaserig geschichtet und Tonstein, dunkelgrau mit dünnen Dolomitsteinlagen, grau
Oberer Tonanhydrit
- 202,32 Tonstein, dunkelgrau, Anhydrit, grau mit wenig Dolomitstein, grau, unregelmäßig wellig-flaserig, knauerig, auf Schichtflächen flache Harnische (fossiles Auslaugungsgestein)
- 202,62 Dolomitstein, feinschichtig, grau, mit dünnen Anhydritlagen
- 203,25 Anhydrit, grau, mit Dolomitsteinlagen, mikritisch, feinschichtig, grau; von 202,62–203,00 m brekziöse und gefaltete Lagen (fossiles Auslaugungsgestein), von 202,95–203,04 m stark tonig
- 205,35 Dolomitstein, mikritisch, grau, teilweise sehr feinschichtig, tektonisch zu groben Brocken zerlegt, obere 0,5 m und unterste 0,4 m gefaltet; dünne Tonstein- und Anhydritlagen, dunkelgrau und grau; oben vertikale Harnische von 204,60–205,00 m, Tonsteinanteil 60–70%

Abb. 3: Zwei gescannte Kernabschnitte.

Links: 204 (oben) bis 205 m u. Gel. (unten); Obere Sulfatschichten, Oberer Tonanhydrit; im oberen Bereich tektonisch zerbrochener Dolomitstein mit einer gezackten vertikalen Harnischfläche, unten, feinschichtige Wechsellagerung von dunkelgrauem Tonstein mit grauem Dolomitstein und hellgrauem Anhydrit.

Rechts: 238 (oben) bis 239 m u. Gel. (unten); Steinsalzschiefer, von 238,12–238,78 m u. Gel. Mittlerer Anhydrit, Steinsalz, darüber und darunter Anhydrit- und Tonsteinfasern und -knauern.

Fig. 3: Two scanned core samples.

Left: 204 (top) to 205 m sub surface (bottom); Obere Sulfatschichten, Oberer Tonanhydrit; in the upper part tectonically broken dolomite with angular vertical a-lineation, in the lower part laminated interbedding of dark grey clay stone with grey dolomite and light grey anhydrite.

Right: 238 (top) to 239 m sub surface (bottom); Steinsalzschiefer, from 238,12–238,78 m sub surface. Mittlerer Anhydrit, halite, above and below with nodules of anhydrite and clay stone.





- 205,65 Anhydrit, grau, obere und untere 10 cm mit dünnen Dolomit- und Tonsteinbändern, grau–dunkelgrau
- 207,35 Tonstein, dunkelgrau, mit Anhydrit, grau, wenig Dolomitstein, flaserig, stark flaserig in oberen und unteren 0,4 m; untere 0,3 m: Schichtfallen ca. 30°
Zwischenanhydrit
- 207,87 Anhydrit, grau, mit dünnen Dolomitsteinlagen, grau, oben Schichtneigung 30°, unten 5°; dünne Tonsteinlage bei 207,78 m
- 208,10 Anhydrit, grau und Tonstein, dunkelgrau, in feinschichtigem Wechsel
- 212,10 Anhydrit, zyklisch aufgebaut in zwei Ausbildungen: unten (1) ebenschichtig mit dunkelgrauen Tonsteinlagen, oben (2) tonflaserig, teilweise wellig geschichtet, mit Resedimentationslagen und Tepees, (1) von 208,83–209,20 m; 209,63–210,20 m; 210,88–211,10 m; 211,50–212,10 m; (2) übriger Bereich
- 214,90 Anhydrit, massig, grau, undeutlich knauerig, nach unten dünne Dolomitsteinlagen und -schlieren
Zwischendolomit
- 217,47 Anhydrit, grau, Dolomitstein, mikritisch, dunkelgrau in Zyklen von 5–20 cm; Anhydrit, 70 %, Dolomitstein, 30 %, feinschichtig, z. T. zerbrochen, Dolomitstein, teilweise stromatolithisch, Schichtlagerung ab 216,0 m von ca. 5° auf 45° zunehmend
- 218,84 Dolomitstein, mikritisch, stark tonig, nach oben Tongehalt abnehmend, obere 0,75 m tektonisch zerbrochen, einzelne Stücke eckig bis 0,1 m Kantenlänge
Unterer Tonanhydrit
- 226,50 Anhydrit, grau, 60 %, Tonstein, dunkelgrau, 35 %, Dolomitstein, grau, 5 %, brekziös und tektonisch gestört; sedimentäre Resedimentationsgefüge von: 219,60–220,30 m; 221,50–222,60 m; 225,00–225,90 m; 226,30–226,50 m
- 227,00 Anhydrit, 60 %, Tonstein, 40 %, untere 10 cm Tonstein, 80 %, grau und dunkelgrau, brekziöses Gefüge, schwach salzhaltig (fossiles Auslaugungsgestein)
- 227,15 Tonstein, dunkelgrau, ungeschichtet, bröckelig, kleinstückig zerfallend, stärker salzhaltig
Steinsalzschnitten (–239,95 m)
Oberes Zwickelsalz
- 229,00 Steinsalz, massig, grau bis schwach grau; durchscheinend, grobspätig, diffus verteilter Anhydrit und Tonstein, undeutlich einfallende 30°-Schichtung, unten undeutliche senkrechte Streifung
- 236,65 Steinsalz, massig, grobspätig, grau–schwach grau, durchscheinend, untere 0,5 m bräunlich mit diffus verteiltem Anhydrit und Tonstein, senkrechte bis schwach einfallende, dünne Anhydrit- und Tonsteinschnüre (= Vertikalstreifung)

- 238,12 Steinsalz, massig, grobspätig, bräunlichgrau, durchzogen von feinen Tonstein- und Anhydrit-Schnüren, oben und unten Tonstein und Anhydrit bis 70 %, flaserig-knauerig

Mittlerer Anhydrit

- 238,78 Anhydrit, tonig, grau, 70 %, Steinsalz, rötlichbraun, z. T. weiß, ca. 25 %, wenig Tonstein, brekziöses Gefüge
- 239,00 Steinsalz, grobspätig, rötlichbraun, nach oben zunehmend Anhydrit und Tonsteinbröckchen

Unteres Zwickelsalz

- 239,95 Anhydrit, tonig, dunkelgrau 70 %, Steinsalz, grobspätig, rötlichbraun, ca. 30 %, wenig Tonstein, dunkelgrau, intensiv brekziöses Gefüge, 239,70–239,80 m: Steinsalz 80–90 %

Untere Sulfatschichten

- 240,12 Tonstein, dolomitisch, dunkelgrau, teilweise geschichtet
- 241,62 Anhydrit, grau, feinschichtig, wellig, flaserig mit tonigen Dolomitsteinflasern, grau, unten Dolomitsteinlagen bis 3 cm mächtig
- 242,05 Dolomitstein, feinsparitisch, anhydritisch, grau, feingeschichtet, bankig
- 243,40 Anhydrit, dunkelgrau bis grau, Dolomitstein, feinsparitisch, feinschichtig in bankiger Wechsellagerung, schwach bituminös

Geislingen-Formation

Untere Dolomite

- 244,00 Dolomitstein, mikritisch, feinschichtig, bankig, ockergrau

5. Hydrogeologie

Über die Ergebnisse der hydrogeologischen Untersuchungen soll hier nur kurz berichtet werden. Die Untersuchungen beziehen sich auf den Karstgrundwasserleiter des Oberen Muschelkalks mit der Oberen Dolomit-Formation des Mittleren Muschelkalks. Am 18. August 2004 wurden ein dreistufiger Pumpversuch durchgeführt und vier Proben für chemisch-physikalische Grundwasseruntersuchungen genommen. Das Bohrloch besaß beim Pumpversuch eine Teufe von 190 m und war bis 100 m verrohrt. Das offene Bohrloch reichte damit nahezu über den ganzen Bereich des Karstgrundwasserleiters (Grenze zwischen Muschelkalk und Keuper bei 98 m, Grenze zwischen Salinar-Formation und Oberer Dolomit-Formation bei 192,70 m).

Der Druckwasserspiegel lag 28,06 m u. Rohroberkante (= 452,44 m NN). Damit liegt der Druckwasserspiegel im Mittelbachtal deutlich höher als im Eyachtal südlich Owingen mit etwa 433–435 m NN. Ein Abstrom des Grundwassers in nördliche Richtung ist deshalb anzunehmen. Die Vorflut für das Muschelkalkgrundwasser dürfte die Eyach zwischen Stetten und Haigerloch sein. Der dreistufige Pumpversuch wurde 12 Std. lang gefahren. Der Wiederanstieg wurde 13 Std. lang beobachtet. Die einzelnen Stufen (1,0; 1,8; 2,1 l/s) dauerten je 4 Std. Die Druckwasserspiegel lagen am Ende der Stufen bei 48,47 m, 63,36 m und 68,51 m u. ROK. Aus der Absenkungs- und Wiederanstiegs-

kurve konnte eine Transmissivität von $8 \cdot 10^{-4}$ m²/s abgeschätzt werden. Dieser Wert liegt im Rahmen der Werte, wie sie auch im näheren Umfeld des Bergwerks ermittelt worden sind (ROGOWSKI et al. 1998).

Das Wasser ist dem normal erdalkalischen, überwiegend sulfatischen Grundwassertyp zuzuordnen. Die wichtigsten Inhaltsstoffe und physikalischen Werte sind (Analyse am Ende des Pumpversuchs; mg/l): Kalzium: 246, Magnesium: 52,8, Natrium: 36,6, Kalium: 4,7, Ammonium: 0,04, Chlorid: 20,5, Sulfat: 784, Nitrat: <0,05, Hydrogenkarbonat: 364, Gesamthärte: 46,6 °dH, Karbonathärte: 16,7 °dH, elektrische Leitfähigkeit (bei 20 °C) 1238 µS/cm, Temperatur: 16,2 °C. Zu Beginn des Pumpversuchs lagen die meisten Parameter wesentlich höher: Kalzium: 378, Magnesium: 65,6, Natrium: 441, Kalium: 11,2, Ammonium: 0,17, Chlorid: 304, Sulfat: 1270, Nitrat: 2,6, Hydrogenkarbonat: 367, Gesamthärte: 68,2 °dH, Karbonathärte: 5,9 °dH, elektrische Leitfähigkeit (bei 20 °C) 3020 µS/cm, Temperatur: 17,5 °C (Analysen: Institut Prof. Dr. JÄGER, Tübingen). Der Grund hierfür dürfte am verstärkten Zutritt von geringer mineralisiertem Wasser aus höheren Muschelkalkschichten im Laufe des Pumpversuchs liegen. Die Beschaffenheit des Wassers lässt nicht auf eine starke aktive Steinsalzauslaugung im Bereich der Bohrung und im Einzugsgebiet schließen.



Literatur

- ALESI, E. J. (1984): Der Trigonodus-Dolomit im Oberen Muschelkalk von SW-Deutschland. – Arb. Inst. Geol. Paläont. Univ. Stuttgart, N. F. **79**: 1–53; Stuttgart.
- BACHMANN, G. H. (1974): Grundgipsschichten und Bochinger Horizont (Mittlerer Keuper) in Nordost-Württemberg. – Jh. geol. L.-Amt Baden-Württ., **16**: 79–96; Freiburg i. Br.
- BRUNNER, H. & SIMON, T. (1985): Lithologische Gliederung von Profilen aus dem Oberen Muschelkalk im nördlichen Baden-Württemberg anhand der natürlichen Gamma-Strahlungsintensität der Gesteine. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F. **67**: 289–299; Stuttgart.
- & WURM, F. (1983): Stratigraphie und Mächtigkeit der unteren Gipskeuper-Schichten (km1, Grabfeld-Folge) in Baden-Württemberg. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F. **65**: 307–344; Stuttgart.
- FRIEDEL, G. & SCHWEIZER, V. (1989): Zur Stratigraphie der Sulfatfazies im Mittleren Muschelkalk von Baden-Württemberg (Süddeutschland). – Jh. geol. L.-Amt Baden-Württ., **31**: 69–88; Freiburg i. Br.
- GEYER, O. F. & GWINNER, M. P. (1991): Geologie von Baden-Württemberg. 4. Aufl. – 482 S.; Stuttgart (Schweizerbart).
- HAGDORN, H. & SIMON, T. (1999): Muschelkalk. – In: BRUNNER, H.: Erläuterungen zum Blatt 6624 Mulfingen. – Geol. Karte Baden-Württemberg 1:25000: 8–40; Freiburg i. Br.
- HAUBER, L. (1993): Der Mittlere Muschelkalk am Hochrhein. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **189**: 147–170; Stuttgart.
- JONISCHKEIT, A. (2003): Strukturen und Phänomene im Steinsalzlager des Mittleren Muschelkalks. – In: HANSCH, W. & SIMON, T. (Hrsg.): Das Steinsalz aus dem Mittleren Muschelkalk Südwestdeutschlands. – *museo*, **20**: 94–150; Heilbronn.
- JORDAN, P. (1994): Evaporite als Abscherhorizonte – Eine gefügekundlich-strukturgeologische Untersuchung am Beispiel der Nordschweizer Trias. – Beitr. Geol. Karte Schweiz, **164**: 79 S.; Bern.
- LGRB (2004): Symbolschlüssel Geologie Baden-Württemberg. Verzeichnis Geologische Einheiten. – Internet-Publ.: www.lgrb.uni-freiburg.de (Bearb.: E. VILLINGER); Freiburg i. Br.
- MENNING, M. & Deutsche Stratigraphische Kommission (DSK) (2002): Eine geologische Zeitskala. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.): Stratigraphische Tabelle von Deutschland (STD): 15 S.; Potsdam.
- NITSCH, E. (1996): Fazies, Diagenese und Stratigraphie der Grabfeld-Gruppe Süddeutschlands (Keuper, Trias). – Diss. Univ. Köln, VIII + 304 S.; Köln.
- PÖPPELREITER, M. (1998): Controls on epeiric successions exemplified with the mixed siliciclastic-carbonate Lower Keuper (Ladinian, German Basin). – Diss. Univ. Tübingen, IX + 126 S.; Tübingen.
- ROGOWSKI, E., SELG, M. & THUMM, A. (1998): Geologische Untersuchungen zur Langzeitlichkeit des Steinsalzbergwerks Stetten bei Haigerloch. – Gutachten Geologisches L.-Amt [unveröff.], 70 S.; Freiburg i. Br.
- SCHACHL, E. (1954): Das Muschelkalksalz in Südwestdeutschland. – N. Jb. Geol. Paläont., Abh., **98**: 309–394; Stuttgart.
- SCHMIERER, T. (1925): Erläuterungen zum Blatt 7618 Haigerloch. – Geologische Karte 1:25000 von Baden-Württemberg. 3., unveränd. Aufl. 1995. – 64 S.; Freiburg i. Br.
- SIMON, T. (1998): Muschelkalk. – In: BRUNNER, H.: Erläuterungen Stuttgart und Umgebung. – Geol. Karte Baden-Württemberg 1:50000: 14–32; Freiburg i. Br.
- (2003): Muschelkalk. – In: SIMON, T.: Erläuterungen zum Blatt 6625 Schrozberg-West. – Geol. Karte Baden-Württemberg 1:25000: 8–35; Freiburg i. Br.
- (2004): Rote, feinklastische Lagen im Mittleren Muschelkalk Südwest-Deutschlands (Baden-Württemberg). – Geol. Jb. Hessen, **131**: 45–52; Wiesbaden.
- STIER, E. W. (1985): Lithostratigraphische Leithorizonte im Oberen Hauptmuschelkalk (Trias) in Südwestdeutschland. – Arb. Inst. Geol. Paläont. Univ. Stuttgart, N. F. **81**: 51–113; Stuttgart.
- VOLLRATH, A. (1955 a): Stratigraphie des Oberen Hauptmuschelkalks (Schichten zwischen Cycloides-Bank y und Spiriferina-Bank in Baden-Württemberg. – Jh. geol. L.-Amt Baden-Württ., **1**: 190–216; Freiburg i. Br.
- (1955 b): Zur Stratigraphie des Trochitenkalks in Baden-Württemberg. – Jh. geol. L.-Amt Baden-Württ., **1**: 169–189; Freiburg i. Br.
- (1958): Beiträge zur Paläogeographie des Trochitenkalks in Baden-Württemberg. – Jh. geol. L.-Amt Baden-Württ., **3**: 181–194; Freiburg i. Br.

- WIDMER, T. (1991): Zur Stratigraphie und Sedimentologie der Anhydritgruppe (Mittlere Trias) in der Region Liestal-Arisdorf (Baselland, Nordwestschweiz). – Beitr. Geol. Schweiz, geotechn. Serie, **79**: IX + 107 S.; Bern.
- WILD, H. (1958): Die Gliederung der Steinsalzregion des Mittleren Muschelkalks im nördlichen Baden-Württemberg, ihre ursprüngliche und heutige Mächtigkeit. – Jh. geol. L.-Amt Baden-Württ., **3**: 165 – 180; Freiburg i. Br.
- (1968): Das Steinsalzlager des Mittleren Muschelkalks, seine Entstehung, Lagerung und Ausbildung nach alter und neuer Auffassung. – Jh. geol. L.-Amt Baden-Württ., **10**: 133 – 155; Freiburg i. Br.
- (1973): Neue Erkenntnisse über Genese und Lagerung des Salzes im Mittleren Muschelkalk in Süddeutschland. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F. **55**: 95 – 132; Stuttgart.